



(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND

DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

## (12) Offenlegungsschrift

(10) DE 197 30 094 A 1

(5) Int. Cl. 6:

B 60 T 13/74

B 60 T 13/22

## (21) Anmelder:

ITT Manufacturing Enterprises, Inc., Wilmington,  
Del., US

## (24) Vertreter:

Blum, K., Dipl.-Ing., Pat.-Ass., 65779 Kelkheim

## (12) Erfinder:

Schwarz, Ralf, 64297 Darmstadt, DE; Böhm, Jürgen,  
Dr., 65558 Oberneisen, DE(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 195 36 694 A1

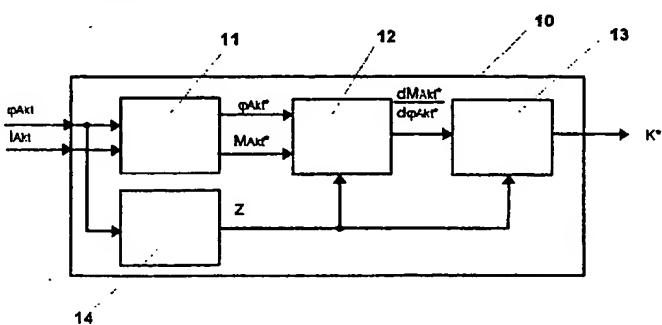
**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

## (51) System zum Steuern oder Regeln einer elektromechanischen Bremse

(52) Bei elektromechanisch oder elektromotorisch betätigten Bremsen besteht das Problem, ein Lüftspiel einzustellen, da bei dieser Art von Bremsen selbsttätige Rückstellmittel, wie sie für hydraulische Bremsen vorgesehen sind, nicht einsetzbar sind.

Dazu ist es zunächst notwendig, eine Neutralposition des Aktuators festzulegen, in der mindestens eines der Reibbeläge gerade an der Bremsscheibe anliegt. Diese Position wird als Anlegepunkt bezeichnet.

Zu diesem Zweck ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß zur Feststellung des Anlegens die Änderung des Aktuatorstromes ( $I_{Akt}$ ) und die Änderung der Aktuatorposition ( $\phi_{Akt}$ ) ausgewertet werden.



14

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Steuern oder Regeln einer Bremse, mit einer mittels eines Aktuators elektrisch betätigbarer ersten Reibfläche sowie einer zweiten Reibfläche, zwischen denen ein Lüftspiel vorgesehen ist, mit Mitteln, die direkt oder indirekt die Position des Aktuators sowie den dem Aktuator zuzuführenden Strom erfassen, und mit einer Einrichtung, die das Anlegen der ersten an die zweite Reibfläche feststellt und daraufhin ein Kontaktignal erzeugt, sowie auf ein System zum Steuern oder Regeln einer elektrisch betätigbarer Bremse.

Ein derartiges Verfahren sowie ein System ist z. B. aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 195 36 695.6 bekannt. Darin werden zwei Methoden vorgeschlagen, das für das Verfahren benötigte Kontaktignal zu generieren. Der erste Ansatz wertet die Aktuatorgeschwindigkeit bei konstantem Aktuatormoment aus, während der zweite Ansatz Kontaktstifte zum Erzeugen des Kontaktsignals verwendet.

Ein Nachteil der ersten Methode zur Bestimmung des Anlegepunktes ist, daß die Kontaktbestimmung nur während eines definiert durchfahrenen Initialisierungszyklus möglich ist, d. h., die Bremse muß mit einem vorgegebenen Aktuatormoment-Sollwert angesteuert werden. Während dieses Zyklus wird dann die Änderung der Aktuatorposition ausgewertet. Bei einer Bremsbetätigung durch den Fahrer oder ein übergeordnetes Regelsystem ist die Ansteuerung mit einem konstanten Moment kaum möglich, da das Lüftspiel möglichst schnell überwunden werden muß und die Bremse im Normalbetrieb im Kraftregelmodus betrieben wird. Der Kraftregelmodus betreibt jedoch die Leistungsansteuerung der Bremse im Drehzahlregelmodus und nicht im Momentenregelmodus. Selbst wenn der Kraftregler direkt einem Momentenregler überlagert wäre, wäre es mit hohem Aufwand verbunden, das Lüftspiel mit einem konstanten Moment zu überwinden. Außerdem muß die Leistungsansteuerung des Aktuators einen Betriebsmodus zum momentengelenkelten Ansteuerung der Bremse aufweisen. Wird eine Kraft- oder Positionsregelung verwendet, die einen dem Momentenregler übergeordneten Drehzahlregler aufweist, und ist dieser Drehzahlregler ebenfalls auf der Leistungsansteuerung realisiert, so muß die Leistungsansteuerung der Bremse einen Schalter zum Umschalten zwischen den beiden Betriebsmodi Stromregelung und Drehzahlregelung aufweisen, der jedoch zusätzliche Kosten verursacht.

Die andere Methode basiert auf der Verwendung von in den Reibflächen eingelassenen Kontaktstiften und erfordert somit zusätzliche Hardwaremaßnahmen.

Die Erfindung beruht daher auf der Aufgabe, ein Verfahren zum Steuern bzw. Regeln vorzuschlagen, das eine Erkennung und Einstellung des Lüftspiels unter Verwendung aktuatorspezifischer Parameter ermöglicht. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Steuer- bzw. Regelsystem zur Erkennung und Nachstellung des Lüftspiels zu schaffen, das unabhängig von einer speziellen Bremsbetätigung arbeitet und darüberhinaus auch während der Fahrt des Kraftfahrzeugs ein Nachstellen des Lüftspiels ermöglicht.

Diese Aufgabe wird verfahrensmäßig dadurch gelöst, daß zur Feststellung des Anlegens die Änderung des Aktuatorstromes und die Änderung der Aktuatorposition ausgewertet werden.

Zur Konkretisierung des Erfindungsgedankens ist vorgesehen, daß dem ermittelten Aktuatorstrom ein Aktuatormoment bzw. eine Aktuatorkraft zugewandt wird.

Dabei wird vorzugsweise zur Feststellung des Anlegens die aktuatorseitige Systemsteifigkeit als Ableitung des Aktuatormoments bzw. der Aktuatorkraft nach der Aktuatorpo-

sition ermittelt. Die aktuatorseitige Systemsteifigkeit wird mit Vorteil auf Über- oder Unterschreiten eines Schwellenwerts überwacht. Die Verwendung der vorhin erwähnten Systemsteifigkeitsgröße hat gegenüber dem gattungshindenden 5 Verfahren folgende Vorteile:

a) Die Größe Systemsteifigkeit kann sowohl in der Initialisierungsphase (also beim Neueinstellen des Lüftspiels nach z. B. Starten des Fahrzeuges) als auch während der Betätigung der Bremse bei einem Bremsvorgang zur Bestimmung des Anlegepunktes verwendet werden, sie eignet sich auch zum Nachstellen des Lüftspiels bei jedem Bremsvorgang.

b) Die Auswertung der Systemsteifigkeit erfordert kein Umschalten zwischen den zwei Betriebsmodi der Leistungselektronik "drehzahlgeregelt" und "momentengeregelt", da das Anregungssignal während der Detektion kein konstantes Moment sein muß.

Weitere vorteilhafte Merkmale des erfindungsgemäßen Verfahrens sind den Unteransprüchen 5 bis 12 zu entnehmen.

Ein erfindungsgemäßes Steuer- und Regelsystem zur Durchführung des vorhin erwähnten Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, daß

a) ein zwischen einem ersten und einem zweiten Regelmodus umschaltbarer Regler vorgesehen ist, dem als Eingangsgrößen einen Sollwert und einen Istwert einer bei der Betätigung der Bremse gewünschten Kraft oder eines Moments repräsentierende Signale, ein die Aktuator-Sollposition repräsentierendes Signal, ein das Anlegen der ersten an die zweite Reibfläche repräsentierendes Kontaktignal sowie eine Schaltvariable zugeführt werden und der eine erste Stellgröße erzeugt,

b) ein Lüftspiel-Führungs- und Überwachungsmodul vorgesehen ist, dem als Eingangsgrößen eine Steuervariable zum Aktivieren der Lüftspielerkennung sowie Signale zugeführt werden, die dem dem Aktuator zuzuführenden Strom sowie der Aktuatorposition entsprechen und welches das die Aktuator-Sollposition repräsentierende Signal, die Schaltvariable, eine zweite Schaltvariable sowie das Kontaktignal liefert und eine zweite Stellgröße erzeugt,

c) wobei die erste Stellgröße und die zweite Stellgröße einer Auswahlshaltung zugeführt werden, die in Abhängigkeit von der zweiten Schaltvariablen eine der beiden Stellgrößen einer elektronischen Ansteuerschaltung zuführt, mit deren Ausgangssignal der Aktuator angesteuert wird.

Der erste Regelmodus des vorhin erwähnten Reglers entspricht dabei vorzugsweise einer Aktuatorpositionsregelung, während der zweite Regelmodus einer Bremskraft-/moment- oder Verzögerungsregelung entspricht.

Das Lüftspiel-Führungs- und Überwachungsmodul besteht nach einer weiteren Ausführung des Erfindungsgegenstandes aus einem Sollwertgenerator sowie einer Einrichtung zur Feststellung des Anlegepunktes, wobei dem Sollwertgenerator die Steuervariable, und der Einrichtung zur Feststellung des Anlegepunktes die Signale als Eingangsgrößen zugeführt werden, die dem dem Aktuator zuzuführenden Strom sowie der Aktuatorposition entsprechen und wobei der Sollwertgenerator das die Aktuator-Sollposition repräsentierende Signal, die erste Schaltvariable, die zweite Schaltvariable sowie die zweite Stellgröße und die Einrichtung zur Feststellung des Anlegepunktes das das Anlegen

65

der ersten an die zweite Reibfläche repräsentierende Signal erzeugen.

Die Einrichtung zur Feststellung des Anlegepunktes besteht dabei vorzugsweise aus einem ersten Modul zur Signalfilterung und Kompensation der Trägheitskräfte, einem dem ersten Modul nachgeschalteten zweiten Modul zur Ermittlung der aktuatorseitigen Systemsteifigkeit sowie einem dritten Modul zum Vergleichen der ermittelten Systemsteifigkeit mit dem Schwellenwert. Es ist besonders sinnvoll, wenn dem ersten, dem zweiten sowie dem dritten Modul ein vierter Modul zur Zulässigkeitsprüfung parallel geschaltet ist, der als Eingangsgröße das die Aktuatorposition repräsentierende Signal zugeführt wird und die eine dritte Schaltvariable erzeugt, die die Funktion des zweiten und des dritten Moduls freigibt.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung gehen aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung hervor. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 eine Ausführung eines Regelkreises zur Durchführung des erfundungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 2 den Aufbau des im Regelkreis gemäß Fig. 1 verwendeten Lüftspiel-Führungs- und Überwachungsmoduls, und

Fig. 3 den Aufbau der im Regelkreis gemäß Fig. 1 verwendeten Einrichtung zur Feststellung des Anlegepunktes.

Die folgende Beschreibung bezieht sich zum besseren Verständnis des Prinzips auf eine elektrische Teilscheibenbremse. Das Verfahren ist jedoch auch ohne Modifikation bei anderen elektrisch betätigten Bremsen einsetzbar (z. B. elektrisch betätigte Trommelbremse).

Das Verfahren geht davon aus, daß zur Ermittlung des Anlegepunktes in der Einrichtung zur Feststellung des Anlegepunktes, ein Kontaktignal  $K^*$  gebildet wird, das eine binäre Information darüber liefert, ob mindestens einer der Bremsbeläge die Scheibe berührt oder nicht. Der Anlegepunkt repräsentiert die Aktuatorposition, in der die Beläge kraftlos an der Scheibe anliegen.

Das in Fig. 1 dargestellte Regelsystem besteht im wesentlichen aus einem Regler 1, einem Lüftspiel-Führungs- und Überwachungsmodul 2, einer Auswahlschaltung 3 sowie einem der Auswahlschaltung 3 nachgeschalteten Servoverstärker 4, mit dessen Ausgangssignal  $I_{Akt}$  ein lediglich schematisch angedeuteter Aktuator 5 einer elektronisch/mechanisch betätigbarer Bremse angesteuert wird, die mit dem Bezugszeichen 6 versehen ist. Der Aktuator ist vorzugsweise mit einem Positionsmeßsystem 7 ausgestattet, dessen die Aktuator-Istposition repräsentierendes Ausgangssignal  $\varphi_{Akt,Mess}$  einerseits dem Servoverstärker 4 und andererseits einer Positionssignalaufbereitungsschaltung 8 zugeführt wird.

Der Regler 1 ist vorzugsweise umschaltbar ausgebildet und kann daher in einem ersten Regelmodus, in dem er eine Aktuatorpositionsregelung durchführt, oder in einem zweiten Regelmodus, in dem er eine Bremskraftregelung, eine Bremsmomentregelung oder eine Spannkraftregelung durchführt, betrieben werden. Seine Eingangsgrößen sind ein Spannkraft-Sollwert  $V_{soll}$ , ein Spannkraft-Istwert  $V_{ist}$ , ein die Aktuator-Sollposition repräsentierendes Signal  $\varphi_{Soll}$ , eine Schaltvariable  $S_1$  sowie das vorhin erwähnte Kontaktignal  $K^*$ , wobei seine Ausgangsgröße die Stellgröße  $CMD_1$  darstellt, die der Auswahlschaltung 3 zugeführt wird. Der Verzögerungswunsch-Sollwert  $V_{soll}$  wird von einer übergeordneten Ebene (z. B. Fahrerwunsch, ABS- bzw. ASMS-Regler) geliefert, während der Verzögerung-Istwert  $V_{ist}$  eine Reglerrückführungsgröße darstellt. Das der Aktuator-Sollposition entsprechende Signal  $\varphi_{Soll}$  sowie die Schaltvariable  $S_1$  werden von dem Lüftspiel-Führungs und Überwachungsmodul 2 geliefert, dessen Eingangsgrößen eine Steuervaria-

ble ST zum Aktivieren der Lüftspielerkennung, das dem dem Aktuator 5 zuzuführenden Strom entsprechende Ausgangssignal  $I_{Akt}$  des Servoverstärkers 4 sowie das Ausgangssignal  $\varphi_{Akt}$  der Positionssignalaufbereitungsschaltung 8 darstellen. Die Ausgangssignale des Lüftspiel-Führungs- und Überwachungsmodul 2 sind eine zweite Schaltvariable  $S_2$ , die das Verhalten der Auswahlschaltung 3 beeinflußt, eine zweite Stellgröße  $CMD_2$  sowie das Kontaktignal  $K^*$ , das bei der Berührung zwischen mindestens einem der Bremsbeläge und der Bremsscheibe erzeugt wird.

Wie insbesondere Fig. 2 zu entnehmen ist, besteht das Lüftspiel-Führungs- und Überwachungsmodul 2 aus zwei Funktionseinheiten, und zwar aus einem Sollwertgenerator 9 und einer Einrichtung zur Feststellung der Berührung zwischen dem Bremsbelag und der Bremsscheibe d. h. des Anlegepunktes, die mit dem Bezugszeichen 10 versehen ist. Die Eingangsgröße des Sollwertgenerators 9 bildet die vorhin erwähnte Steuervariable ST, die von einer übergeordneten (nicht näher spezifizierten) Funktionseinheit belegt wird. Durch diese Variable kann die übergeordnete Ebene Prozeduren zur Ermittlung, Einstellung und Nachstellung des Lüftspiels initiieren. Ausgänge des Sollwertgenerators 9 sind die zwei Schaltvariablen  $S_1$  und  $S_2$  sowie die Stellgröße  $CMD_2$ . Die Schaltvariable  $S_1$  schaltet den Regler 1 zwischen Lageregelung und Kraft- bzw. Momentenregelung um. Die Schaltvariable  $S_2$  schaltet entweder die Stellgröße  $CMD_1$  des Reglers 1 oder die Stellgröße  $CMD_2$  des Sollwertgenerators 9 auf den Eingang des Servoverstärkers 4.

Die Eingangsgrößen der Einrichtung 10 zur Feststellung des Anlegepunktes sind der Aktuatorstrom  $I_{Akt}$  und die Aktuatorposition  $\varphi_{Akt}$ . Sein Ausgang ist das oben erwähnte Kontaktignal  $K^*$ . Aufgrund dieses Signals erarbeitet der Sollwertgenerator 9 eine Ansteuerstrategie für den Regler 1 zur Lösung der o.g. Problemstellung.

Der Sollwertgenerator 9 hat drei Betriebsmodi:

#### 1) Lüftspielerkennung für Lüftspielinitialisierung

Dieser Modus wird dafür eingesetzt das Lüftspiel zu bestimmen, falls die Absolutposition des Positionssignals des Aktuators unbekannt ist bzw. neu bestimmt werden muß. Das kann z. B. der Fall sein, wenn die Bremsbeläge und/or die Scheibe gewechselt wurden oder auch, wenn nach Abstellen des Fahrzeugs eine Neueinstellung des Lüftspiels erforderlich ist. Der Modus wird über die Steuervariable ST angestoßen. Befindet sich der Sollwertgenerator 9 in diesem Betriebsmodus, wird die Schaltvariable  $S_2$  zunächst auf "1" gesetzt. Damit wird das Ausgangssignal  $CMD_2$  des Lüftspiel-Führungs- und Überwachungsmoduls 2 auf die Leistungsansteuerung der Bremse 6 aufgeschaltet. Die Stellgröße  $CMD_1$  des Reglers 1 bleibt ohne Wirkung. Bei der Umsetzung der Strategie für die Lüftspieleinstellung soll die Stellgröße  $CMD_2$  nicht ein konstantes Aktuormoment darstellen. Vielmehr ist es sinnvoll, die Stellgröße  $CMD_2$  aus Aktuormoment und Aktuordrehzahl zu berechnen, wobei z. B. eine konstante Leistung  $P$  vorgegeben werden kann. Dies ist möglich, indem  $CMD_2$  so vorgegeben wird, daß  $P = M_{Akt} \cdot \omega_{Akt}$ , wobei  $M_{Akt}$  aus den elektrischen Eingangsgrößen des Aktuators bestimmt werden kann (bei vielen Aktuatortypen ist  $M_{Akt}$  proportional zum Aktuatorstrom  $I_{Akt}$ ).

Wird anhand des Positionssignals  $\varphi_{Akt}$  festgestellt, daß die Bremse gelüftet ist, also ein Lüftspiel vorhanden ist, so wird das Kontaktignal  $K^*$  beobachtet. Schaltet es auf "1" um, so liegt mindestens einer der Beläge an der Bremsscheibe an und der Sollwertgenerator 9 wird in den nachfolgend erläuterten Modus 3) – Lüftspieleinstellung – gebracht.

Wird anhand des Positionssignals  $\varphi_{Akt}$  festgestellt, daß die Bremse bereits zugespannt ist, so wird  $S_2$  auf "0" gesetzt und der Regler 1 durch Belegen der Schaltvariablen  $S_1$  mit "1" in Positionsregelmodus umgeschaltet. Die Bremse 6 wird geringfügig zurückgefahren und die Prozedur der oben beschriebenen Lüftspielerkennung für Lüftspielinitialisierung beginnt von neuem.

### 2) Lüftspielerkennung bei Bremsvorgängen

Während der Bremsvorgänge ändert sich das Lüftspiel durch verschiedene Einflüsse (z. B. Belagwachsen durch Erwärmung, Belagabrieb durch Verschleiß etc.). Es ist jedoch ungünstig, eine Lüftspielinitialisierung während des Fahrbetriebs durchzuführen, da eine solche Initialisierung, basierend auf Aktuatorignalen, immer ein Anfahren des einen Reibpartners an den anderen (verbunden mit einem geringen Drehmoment) bedingt. Es ist daher wünschenswert, das Lüftspiel während vom Fahrer oder einem übergeordneten Regelsystem initiierten Bremsungen nachzustellen. Zu diesem Zweck wird der Sollwertgenerator 9 vor Beginn einer Bremsung in Modus 2) geschaltet. In diesem Modus beobachtet der Regler 1 oder eine übergeordnete Ebene das Kontaktignal  $K^*$ , bei dessen Umschalten von "0" auf "1" die Absolutposition  $\varphi_0$  neu initialisiert wird. Wird nun ein Anfahren des Lüftspiels gewünscht (Modus "3"), so wird die Sollposition für das Lüftspiel mit der aktuellen Absolutposition berechnet.

### 3) Lüftspieleinstellung

Der dritte Modus Lüftspieleinstellung dient dem Anfahren des Lüftspiels nach Abschluß einer erfolgreichen Lüftspielerkennung im Modus "1" oder nach Beendigung eines Bremsvorganges. Zu diesem Zweck schaltet der Sollwertgenerator 9 den Regler 1 über die Schaltvariable  $S_1 = 1$  in den Positionsregelmodus. Über die Schaltvariable  $S_2 = 0$  sorgt der Sollwertgenerator 9 dafür, daß das Ausgangssignal  $CMD_1$  des Reglers 1 am Eingang des Servoverstärkers 4 anliegt. Mittels des Ausgangssignals  $\varphi_{Soll}$  des Sollwertgenerators 9 wird dem Regler 1 der Positionssollwert für das Lüftspiel mitgeteilt. Dieser Positionssollwert berechnet sich aus der absoluten Nullposition  $\varphi_0$  (Initialisierung bzw. Adaption über Kontaktignal  $K^*$ ) und dem vorher festgelegten Lüftspiel  $\varphi_{LS}$ . Für das Positionssollwertsignal ergibt sich damit

$$\varphi_{Soll} = \varphi_0 - \varphi_{LS}.$$

In Fig. 3 ist schließlich der Aufbau der im Zusammenhang mit Fig. 2 erwähnten Einrichtung 10 zur Feststellung des Anlegepunktes gezeigt. Wie der schematischen Darstellung zu entnehmen ist, besteht die Einrichtung prinzipiell aus vier Modulen. Das erste Modul 11 dient der Signalkonditionierung, d. h., der Signalfilterung und der Kompensation der im System auftretenden Trägheitskräfte. Die Eingangsgrößen Aktuormoment (bzw. eine proportionale Größe hier Aktuatorstrom  $I_{Akt}$ ) und Aktuatorwinkel  $\varphi_{Akt}$  werden zunächst tiefpaßgefiltert, um sie von Störungen zu befreien. Hierbei wird vorzugsweise ein sog. Besselfilter eingesetzt, das eine zeitlich konstante Phasenverschiebung der gefilterten Signale bewirkt. Anschließend wird in diesem Modul 11 aus dem dem Aktuormoment proportionalen Eingangssignal  $I_{Akt}$  das Aktuormoment  $M_{Akt}$  berechnet. Die Kompensation der Trägheitsmomente "bereinigt" das Aktuormomentensignal  $M_{Akt}$  um die gesamten Massenträgheitsmomente der Bremse, die durch den Aktuator 5 beschleunigt werden müssen. Dies ist notwendig, da für die Berechnung der aktuatorseitigen Systemsteifigkeit nur das

Aktuormoment zum Aufbringen der Betätigungs Kraft (Verspannen der Reibpartner) und das Reibmoment relevant sind. Ausgangsgrößen dieses Moduls 1 sind damit das gefilterte Aktuatorlagesignal  $\varphi_{Akt}^*$  und das gefilterte und um die Trägheitsmomente korrigierte Aktuormomentensignal  $M_{Akt}^*$ .

Im zweiten Modul 12 wird die aktuatorseitige Systemsteifigkeit ermittelt bzw. berechnet. Unter der aktuatorseitigen Systemsteifigkeit ist der Quotient  $dM_{Akt}^*/d\varphi_{Akt}^*$  zu verstehen. Durch die Ableitung des Aktuormoments nach dem Aktuatorwinkel wird erreicht, daß nicht ein zeitlicher Anstieg, sondern ein positionsabhängiger Anstieg des Aktuormomentes (wie er beim Anlegen des einen Reibpartners an den anderen Reibpartner auftritt), abgebildet wird. Dies hat den Vorteil, daß der zeitliche Verlauf der Bewegung der Bremse 6 für das zur Kontakt detektion beobachtete Signal  $dM_{Akt}^*/d\varphi_{Akt}^*$  nicht relevant ist. Der Verlauf des Signals "motorseitige Systemsteifigkeit" ist deshalb unabhängig davon, mit welchem Verlauf die Bremse 6 zugespannt wird.

Das dritte Modul 13 generiert durch Vergleich des Quotienten  $dM_{Akt}^*/d\varphi_{Akt}^*$  mit einem Schwellenwert SW das Kontakt signal  $K^*$ . Das Signal wird z. B. auf den Wert "1" gesetzt, wenn der Schwellenwert überschritten und auf "0" gesetzt, wenn der Schwellenwert SW unterschritten wird.

Das den Modulen 11-13 parallelgeschaltete vierte Modul 14, dem als Eingangsgröße das der Aktuatorposition entsprechende Signal  $\varphi_{Akt}$  zugeführt wird, prüft anhand verschiedener Bedingungen, ob die Generierung des Kontakt signals  $K^*$  zum momentanen Zeitpunkt sinnvoll bzw. zulässig ist und ob das Kontakt signal  $K^*$  an sich gültig ist. Ist das Kontakt signal  $K^*$  gültig, schaltet das vierte Modul 14 dieses Kontakt signal durch Setzen einer Schaltvariablen  $Z = 1$  auf den Ausgang der Einrichtung 10 und gibt die Berechnung des Quotienten  $dM_{Akt}^*/d\varphi_{Akt}^*$  im zweiten Modul 12 frei. Durch die Verwendung der dritten Variablen Z wird verhindert, daß z. B. bei Stillstand der Bremse ( $d\varphi_{Akt}^* = 0$ ) ein ungültiges Ausgangssignal oder eine ungültige Operation zu standekommt (z. B. Division durch "0").

Wie bereits oben erwähnt, ist als Eingang zum Prüfen verschiedener Plausibilitätsbedingungen in Fig. 3 die Aktuatorposition  $\varphi_{Akt}$  vorgesehen. Es ist jedoch denkbar, daß noch andere Signale für die Zulässigkeitsprüfung herangezogen werden.

### Patentansprüche

- Verfahren zum Steuern oder Regeln einer Bremse, mit einer mittels eines Aktuators elektrisch betätigbarer ersten Reibfläche sowie einer zweiten Reibfläche, zwischen denen ein Lüftspiel vorgesehen ist, mit Mitteln, die direkt oder indirekt die Position des Aktuators sowie den dem Aktuator zuzuführenden Strom erfassen, und mit einer Einrichtung, die das Anlegen der ersten an die zweite Reibfläche feststellt und daraufhin ein Kontakt signal erzeugt, dadurch gekennzeichnet, daß zur Feststellung des Anlegens die Änderung des Aktuatorstromes ( $I_{Akt}$ ) und die Änderung der Aktuatorposition ( $\varphi_{Akt}$ ) ausgewertet werden.
- Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem ermittelten Aktuatorstrom ( $I_{Akt}$ ) ein Aktuormoment ( $M_{Akt}$ ) bzw. eine Aktuatorkraft ( $F_{Akt}$ ) zugeordnet wird.
- Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Feststellung des Anlegens die aktuatorseitige Systemsteifigkeit als Ableitung des Aktuormomentes ( $M_{Akt}$ ) bzw. der Aktuatorkraft ( $F_{Akt}$ ) nach der Aktuatorposition ( $\varphi_{Akt}$ ) ermittelt und überwacht wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die aktuatorseitige Systemsteifigkeit auf Über- oder Unterschreiten eines Schwellenwerts (SW) überwacht wird. 5

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ausgehend von der dem Anlegepunkt entsprechenden Aktuatorposition ( $\varphi_{Akt}$ ) das Lüftspiel ( $\varphi_{LS}$ ) eingestellt wird. 10

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung des Lüftspiels ( $\varphi_{LS}$ ) mittels eines Reglers (1) erfolgt, der die Aktuatorposition ( $\varphi_{Akt}$ ) ändert. 15

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Feststellung des Anlegens während einer definierten Bewegung der ersten Reibfläche auf die zweite Reibfläche erfolgt. 15

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Feststellung des Anlegens während der Betätigung der Bremse erfolgt. 20

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bewegung der Aktuator (5) im Sinne der Abgabe einer konstanten mechanischen Leistung angesteuert wird. 25

10. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bewegung der Aktuator (5) mit einem definierten Stromwert ( $I_{Akt,Soll}$ ) angesteuert wird. 25

11. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bewegung der Aktuator (5) mit einer definierten Aktuatorgeschwindigkeit ( $\omega_{Akt,Soll}$ ) angesteuert wird. 30

12. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bewegung der Aktuator (5) derart angesteuert wird, daß die gewichtete Summe aus Aktuatorstrom ( $I_{Akt}$ ) und Aktuatorgeschwindigkeit ( $\omega_{Akt}$ ) konstant ist. 35

13. System zum Steuern oder Regeln einer Bremse, mit einer mittels eines Aktuators elektrisch betätigbarer ersten Reibfläche sowie einer zweiten Reibfläche, zwischen denen ein Lüftspiel vorgesehen ist, mit Mitteln, die direkt oder indirekt die Position des Aktuators sowie den dem Aktuator zuzuführenden Strom erfassen, und mit einer Einrichtung, die das Anlegen der ersten an die zweite Reibfläche feststellt und daraufhin ein Kontaktignal erzeugt, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß 45

a) ein zwischen einem ersten und einem zweiten Regelmodus umschaltbarer Regler (1) vorgesehen ist, dem als Eingangsgrößen einen Sollwert ( $V_{Soll}$ ) und einen Istwert ( $V_{Ist}$ ) einer bei der Betätigung der Bremse gewünschten Kraft oder eines Moments repräsentierende Signale, ein die Aktuator-Sollposition ( $\varphi_{Soll}$ ) repräsentierendes Signal, eine Schaltvariable ( $S_1$ ) sowie ein das Anlegen der ersten an die zweite Reibfläche repräsentierendes Signal ( $K^*$ ) zugeführt werden und der eine erste Stellgröße ( $CMD_1$ ) erzeugt, 50

b) ein Lüftspiel-Führungs- und Überwachungsmodul (2) vorgesehen ist, dem als Eingangsgrößen eine Steuervariable (ST) zum Aktivieren der Lüftspielerkennung sowie Signale zugeführt werden, die dem dem Aktuator (5) zuzuführenden Strom ( $I_{Akt}$ ) sowie der Aktuatorposition ( $\varphi_{Akt}$ ) entsprechen und welches das die Aktuator-Sollposition ( $\varphi_{Soll}$ ) repräsentierende Signal, die Schaltvariable ( $S_1$ ), eine zweite Schaltvariable ( $S_2$ ) sowie das das Anlegen der ersten an die zweite Reibfläche repräsentierendes Signal ( $K^*$ ) liefert 60

c) eine zweite Stellgröße ( $CMD_2$ ) erzeugt, 65

c) wobei die erste Stellgröße ( $CMD_1$ ) und die zweite Stellgröße ( $CMD_2$ ) einer Auswahlschaltung (3) zugeführt werden, die in Abhängigkeit von der zweiten Schaltvariablen ( $S_2$ ) eine der beiden Stellgrößen ( $CMD_1$ ,  $CMD_2$ ) einer elektronischen Ansteuerschaltung (Servoverstärker 4) zu führt, mit deren Ausgangssignal ( $I_{Akt}$ ) der Aktuator (5) angesteuert wird.

14. System nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Regelmodus einer Aktuatorpositionsregelung und der zweite Regelmodus einer Bremskraft-/moment- oder Verzögerungsregelung entspricht. 15

15. System nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Lüftspiel-Führungs- und Überwachungsmodul (2) aus einem Sollwertgenerator (9) sowie einer Einrichtung (10) zur Feststellung des Anlegepunktes besteht, wobei dem Sollwertgenerator (9) die Steuervariable (ST), und der Einrichtung (10) zur Feststellung des Anlegepunktes die Signale als Eingangsgrößen zugeführt werden, die dem dem Aktuator (5) zuzuführenden Strom ( $I_{Akt}$ ) sowie der Aktuatorposition ( $\varphi_{Akt}$ ) entsprechen und wobei der Sollwertgenerator (9) das die Aktuator-Sollposition ( $\varphi_{Soll}$ ) repräsentierende Signal, die erste Schaltvariable ( $S_1$ ), die zweite Schaltvariable ( $S_2$ ) sowie die zweite Stellgröße ( $CMD_2$ ) und die Einrichtung (10) zur Feststellung des Anlegepunktes das das Anlegen der ersten an die zweite Reibfläche repräsentierende Signal ( $K^*$ ) erzeugen. 30

16. System nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (10) zur Feststellung des Anlegepunktes aus einem ersten Modul (11) zur Signalfilterung und Kompensation der Trägheitskräfte, einem dem ersten Modul (11) nachgeschalteten zweiten Modul (12) zur Ermittlung der aktuatorseitigen Systemsteifigkeit sowie einem dritten Modul (13) zum Vergleichen der ermittelten Systemsteifigkeit mit einem Schwellenwert (SW) besteht. 35

17. System nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß dem ersten (11), dem zweiten (12) sowie dem dritten Modul (13) ein vierter Modul (14) zur Zulässigkeitsprüfung parallelgeschaltet ist, dem als Eingangsgröße das die Aktuatorposition ( $\varphi_{Akt}$ ) oder andere, die Aktuatorspannung oder den Aktuatorstrom repräsentierende Signale zugeführt werden und das eine dritte Schaltvariable (Z) erzeugt, die die Funktion des zweiten (12) und des dritten Moduls (13) freigibt. 60

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

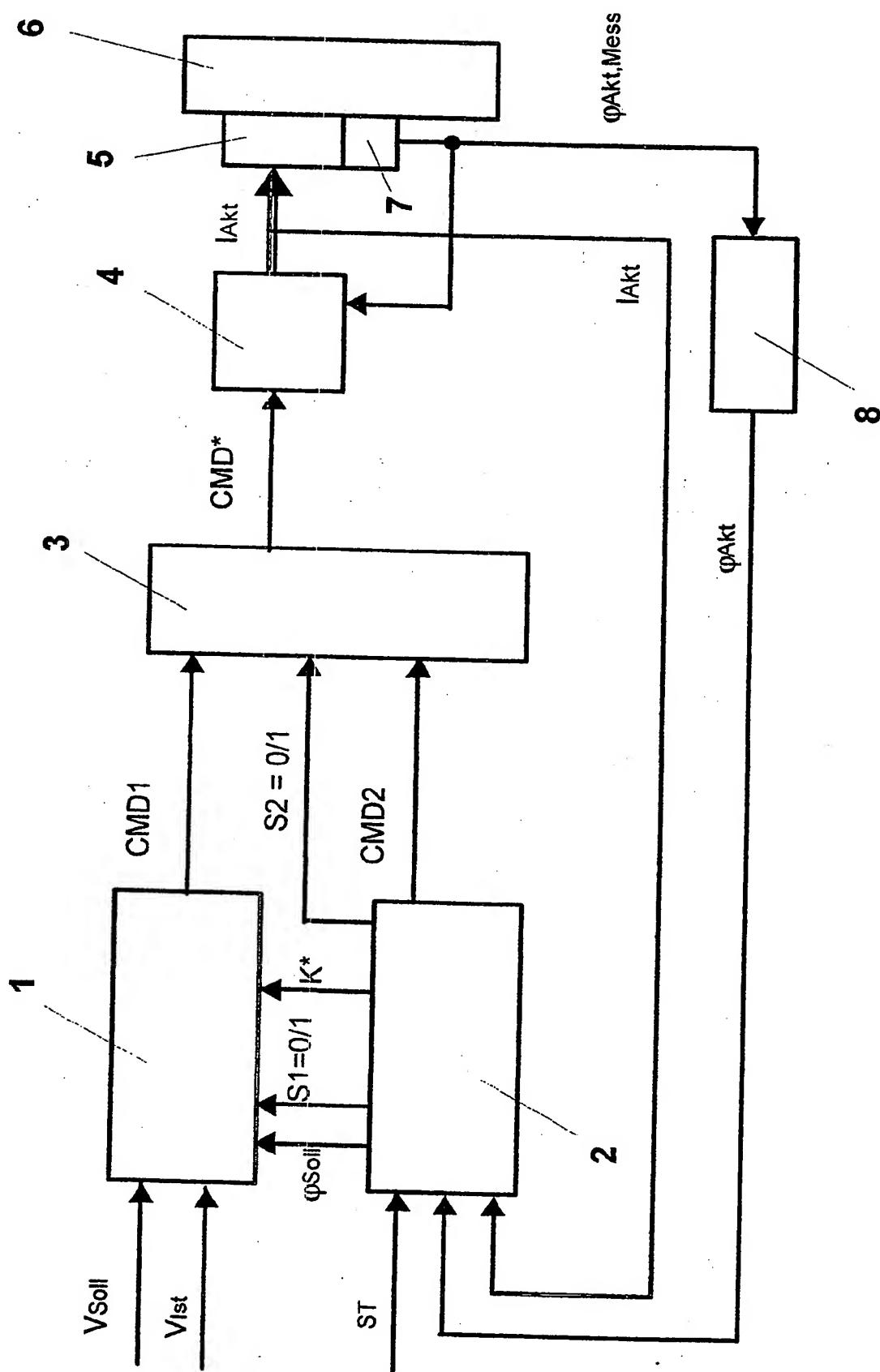
Fig. 1

Fig. 2